

## LASER PLASMA EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT SOURCE AND METHOD OF GENERATING LASER PLASMA EXTREME ULTRAVIOLET LIGHT

**Publication number:** JP2002174700

**Publication date:** 2002-06-21

**Inventor:** MCGREGOR ROY D; PETACH MICHAEL B; ORSINI  
ROCCO A

**Applicant:** TRW INC

**Classification:**

- **international:** **H05G2/00; H05G2/00;** (IPC1-7): G21K5/00; G03F7/20;  
G21K1/00; G21K5/08; H01L21/027; H05H1/24

- **european:** H05G2/00

**Application number:** JP20010252453 20010823

**Priority number(s):** US20000644589 20000823

**Also published as:**



EP1182912 (A1)

US6324256 (B1)

[Report a data error here](#)

### Abstract of **JP2002174700**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser plasma EUV(extreme ultra violet) light source generating larger liquid droplets relative to a plasma target material. **SOLUTION:** The EUV light source 50 forcibly passes a liquid 58, preferably liquid xenon, through a nozzle 64 instead of forcibly passing gas through the nozzle. The geometrical shape of the nozzle 64 and the pressure of the liquid 58 passing through the nozzle 64 are such that the liquid 58 is sprayed to form a spray 70 of high-density droplets 72. Since the droplets 72 are formed from the liquid, the droplets are large in size and more linkely to generate EUV rays. A heat exchanger 60 is used for converting the gaseous xenon 54 to the liquid 58 before forcibly passing it through the nozzle 64.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-174700

(P2002-174700A)

(43)公開日 平成14年6月21日(2002.6.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	データベース(参考)
G 2 1 K 5/00		C 2 1 K 5/00	Z 2 H 0 9 7
G 0 3 F 7/20	5 0 3	C 0 3 F 7/20	5 0 3 5 F 0 4 6
G 2 1 K 1/00		G 2 1 K 1/00	Z
5/08		5/08	Z
H 0 1 L 21/027		H 0 5 H 1/24	

審査請求 有 請求項の数9 O L (全 5 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2001-252453(P2001-252453)

(22)出願日 平成13年8月23日(2001.8.23)

(31)優先権主張番号 0 9 / 6 4 4 5 8 9

(32)優先日 平成12年8月23日(2000.8.23)

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 591169755

ティーアールダブリュー・インコーポレー  
テッド

TRW INCORPORATED

アメリカ合衆国オハイオ州44124, リンド  
ハースト, リッチモンド・ロード 1900

(72)発明者 ロイ・ディー・マクグレガー

アメリカ合衆国カリフォルニア州90260,  
エル・カミノ・ヴィレッジ, コーダリー・  
アベニュー 15603

(74)代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外5名)

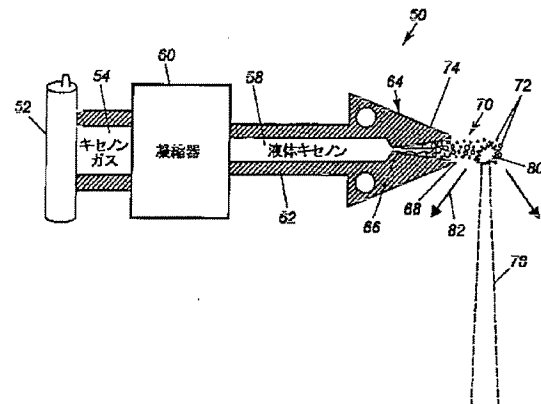
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 レーザプラズマ極紫外光源及びレーザプラズマ極紫外光線の発生方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】プラズマ標的材料に対するより大きい液滴を発生させるレーザプラズマEUV光源を提供する。

【解決手段】EUV光源50は、ガスをノズルに強制的に通すことに代えて、液体58、好ましくは液体キセノンをノズル64に強制的に通す。ノズル64の幾何学的形状及びノズル64を通る液体58の圧力は、液体58を噴霧して高密度の液滴72のスプレー70を形成する。液滴72は液体から形成されるから、これら液滴の寸法は大きく、EUV光線をより発生させ易い。ノズル64に強制的に通す前に、ガス状キセノン54を液体58に変換するため凝縮器60が使用される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザプラズマ極紫外（EUV）光源において、

液体プラズマ標的材料を提供する標的供給装置と、供給端部と、出口端部と、該供給端部と出口端部との間の狭隘な喉状部分とを有するノズルであって、該供給端部が標的供給装置から液体を受け取り、出口端部を通して液滴のスプレーを放出するノズルと、

レーザビームを液滴のスプレーに向けて放出するレーザビーム源であって、液滴を加熱し且つEUV光線を発生させるレーザビーム源とを備える、光源。

【請求項2】 請求項1による光源において、標的供給装置が、ガス状態の標的材料の供給源と、ガスの温度を降下させ該ガスを凝縮して液体にする、熱交換器とを備える、光源。

【請求項3】 請求項1による光源において、ノズルが、喉状部分と出口端部との間に拡張部分を更に備え、前記液滴のスプレーが喉状部分の下流の前記拡張部分内に形成される、光源。

【請求項4】 請求項1による光源において、液体がキセノンの液体である、光源。

【請求項5】 フォトリソグラフィ装置用のEUV光線を発生させるレーザプラズマ極紫外光源において、プラズマ標的材料のガス供給源と、ガス供給源からガスを受け取り、該ガスを冷却して液体プラズマ標的材料に変換する熱交換器と、ネック部分と、狭隘な喉状部分と、拡張部分と、出口端部とを有するノズルであって、前記ネック部分が凝縮器から液体プラズマ標的材料を受け取り且つ液体標的材料を狭隘な喉状部分を通し、出口端部を通して液滴のスプレーを放出するノズルと、レーザビームを液滴のスプレーに向けて放出し、レーザビームが液滴のスプレーを加熱し且つEUV光線を発生させるレーザビーム源とを備える、光源。

【請求項6】 請求項8による光源において、液体がキセノンである、光源。

【請求項7】 極紫外光線を発生させる方法において、液体標的材料の供給源を提供するステップと、ノズル内の狭隘な喉状部分に通して液体標的材料を強制的に通すステップと、液体標的材料を霧状にしてノズルから出る液滴にするステップと、レーザビームを液滴と相互作用させ、EUV光線を発生させるステップとを備える、方法。

【請求項8】 請求項12による方法において、液体標的材料を提供するステップがキセノンガスを冷却することを含む、方法。

【請求項9】 請求項12による方法において、液体標的材料を霧状にするステップがノズルの拡張部分内で液体を膨張させることを含む、方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、全体として、極紫外光源、より具体的には、レーザプラズマを発生させる標的材料として液体スプレーを採用するフォトリソグラフィ装置用のレーザプラズマ極紫外光源に関する。

## 【0002】

【従来の技術】マイクロエレクトロニクス集積回路は、典型的に、マスクを通して伝播する光ビームにより回路要素が画定される、当該技術分野の当業者に周知のフォトリソグラフィ法によって基板上にパターンが形成される。フォトリソグラフィ法及び集積回路構造技術の進歩に伴い、回路要素はより小型化し且つその分離程度はより狭くなっている。回路要素がより小型化するに伴い、より短い波長及びより大きい周波数を有する光ビームを発生させるフォトリソグラフィ光源を採用することが必要となる。換言すれば、光源の波長が短くなるに伴ってフォトリソグラフィ法の分解能が増大し、より小型の集積回路要素を画成することが可能となる。現在の技術のフォトリソグラフィ光源は、極紫外（EUV）又は軟X線波長（13.4nm）の光を発生させる。

【0003】EUV光線を発生させる種々の装置が当該技術分野にて既知である。最も一般的なEUV光源の1つは、レーザプラズマ標的材料（target material）として、典型的にキセノンであるガスを使用するレーザプラズマ、ガス凝縮源である。レーザ標的材料としてクリプトンのようなその他のガス及びガスの組み合わせが既知である。このガスは、強制的にノズルを通して、ガスが膨張するとき、このガスは凝縮して、当該技術分野でクラスターとして既知の極めて小さい粒子の煙又はジェットを形成する。凝縮体すなわちクラスタージェットは、典型的に、Nd:YAGレーザからの高パワーのレーザビームにより照射されて、このレーザビームは、クラスターを加熱して、EUV光源を放射する高温プラズマを発生させる。クビエック（Kubiak）に対して発行された米国特許第5,577,092号には、この型式のEUV光源が開示されている。

【0004】図1は、ノズル12と、レーザビーム源14とを有するEUV光源10の平面図である。図2は、ノズル12の拡大図である。ガス16は、ガス源（図示せず）からノズル12のネック部分18を通して流れ、ノズル12の狭隘な喉状部分20を通して加速される。次に、この加速されたガス16は、ノズル12の拡張部分24を通して流れ、この拡張部分24にてガスは膨張し且つ冷却して、また、ノズル12から排出される。ガスが冷却し且つ凝縮するに伴い、そのガスは、クラスター28のジェットスプレー26に変化する。

【0005】レーザビーム源14からのレーザビーム30は、合焦光学素子32により液滴28上に合焦される。レーザビーム30からの熱は、EUV光源36を放

射するプラズマ34を発生させる。ノズル12は、プラズマ発生過程の熱及び過酷さに耐え得るような設計とされている。EUV光線36は、コレクタ光学素子38により集められ且つパターンが形成される回路(図示せず)に向けられる。このコレクタ光学素子38は、放物線状の形状のような、光線36を集める目的のため任意の適当な形状とすることができる。この設計において、レーザービーム30は、コレクタ光学素子38の開口部40を通して進む。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述したレーザープラズマEUV光源には、多数の欠点がある。特に、レーザー光線をEUV光線に変換する望ましい効率を実現するため十分に大きい液滴スプレー又は十分に大きい液滴を発生させることは難しい。クラスター28は、直径が極めて小さく、従って、十分な質量を有しないため、レーザービーム30によりクラスター28の一部分は、EUV光線36を発生させるのに十分な温度まで加熱される前に分解してしまう。ガス凝縮EUV源により発生された液滴の典型的な直径は、0.01ミクロン以下であり、0.1ミクロンよりも著しく大きいクラスターを発生させることは極めて難しい。しかし、直径約1ミクロンの粒子寸法は、EUV光線を発生させる上でより望ましい。更に、凝縮過程を最大にするのに必要とされる大きい膨張程度は、拡散霧すなわちクラスターのジェットを発生させ、小さいプラズマ寸法の光学的必要条件と適合しない。

【0007】EUV光線の発生を向上させるためより大きい液滴を発生させることのできるレーザープラズマEUV光源が必要とされる。このため、本発明の1つの目的は、かかるEUV光源を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の教示に従い、当該技術分野で従来から既知のものよりもプラズマ標的材料に対しより大きい液滴を発生させるレーザープラズマEUV光源が開示される。このEUV光源は、ガスをノズルに強制的に通すのに代えて、液体、好ましくは、キセノンをノズルに強制的に通す。ノズルの幾何学的形状及びノズルを通して進む液体の圧力は、液体を噴霧して、高密度の液滴スプレーを形成する。液滴は液体から形成されるため、これら液滴の寸法は大きく、EUV光源をより発生させ易い。ノズルを通される前に、気体状キセノンを液体のキセノンに変換するため熱交換器が使用される。

【0009】本発明の更なる目的、有利な点及び特徴は、添付図面と共に参照することにより、以下の説明及び特許請求の範囲の記載から明らかになるであろう。

【0010】

【実施の形態の説明】液体レーザー標的材料を使用するレーザープラズマ極紫外光源に関する好ましい実施の形態の

以下の説明は、性質上、単に一例にしか過ぎず、本発明又はその適用例或いはその用途を何ら限定することを意図するものではない。

【0011】図3は、本発明の1つの実施の形態によるレーザープラズマEUV光源50の平面図である。光源50は、集積回路にパターンを形成するためフォトリソグラフィ装置内で特に使用されるが、当該技術分野の当業者により理解されるように、EUV光源又は軟X線光源のようなその他の用途にて使用することも可能である。装置50は、キセノン又はクリプトンのような適当なプラズマ標的ガス54の供給源52を含む。これらのガスは、本来、気体状態で生ずるから、ガス54の温度を降下させて、これによりガス54を液体58に変換すべく熱交換器60が採用される。次に、ノズル64のネック部分62に液体58を強制的に通す。

【0012】ノズル64は、狭隘な喉状部分66を有している。喉状部分66を通る液体58の圧力及び流量、並びにノズル64の形状により、液体58がノズル64の拡張部分74を通して進むとき、液体58は瞬時に分散して、高密度の液滴72のスプレー70を形成する。この実施の形態において、喉状部分66は、円形の断面を有し、拡張部分74は円錐形の形状を有する。しかし、代替的な実施の形態において、これらの形状を別のものですることができ、例えば、喉状部分66の下流に急激な拡張部分を含めることができる。1つの実施の形態において、この喉状部分66の直径は約50ミクロンであり、ノズル64の出口端68の直径は300乃至500ミクロンの範囲にある。

【0013】レーザー源は、液滴72に向けて進むレーザービーム78を発生させる。プラズマ80は、レーザービーム78と液滴72との相互作用により発生される。プラズマ80は、EUV光線82を発生させ、この光線は、コレクタ光学素子により集められ、このコレクタ光学素子は、EUV光線を合焦光学素子(図示せず)に向ける。液滴72は、従来のガス凝縮レーザープラズマ源により形成される液滴よりも直径が大きいため、これらの液滴はレーザー対EUVエネルギーの変換率をより大きくする。1つの実施の形態において、液滴72の平均直径は約1ミクロンである。

【0014】ノズル64内での液体58の分散は、一般に、霧状化として既知の多数の物理的過程の1つ又は2つ以上を介して瞬時に行われる。液体58は、より多数の液滴72に分散し、これらの液滴は個々には、レーザースポットの寸法よりも遥かに小さいが、全体として、レーザー標的として機能する高密度のを形成する。これらの個々の過程は、キャビテーション、沸騰、液体表面における粘弾性不安定さ、乱流による分散、液体とその発生した蒸気との間の空気力学的相互作用を含むが、当然にこれらにのみ限定されるものではない。

【0015】ノズルの幾何学的形状及び液体58の流れ

状態を最適化することにより、プラズマ発生過程によるノズル64の損傷を少なくする助けとなるように、ノズルの端部68からより好ましい距離にて適正な寸法の液滴の所望の密度を提供することができる。この従来技術のガス凝縮ノズルの幾何学的形状は、レーザービームがノズルの端部付近にて液滴に衝突するようなものとされている。このことは、この過程の結果としてノズルの加熱及び腐食を生じさせていた。更に、既知のガス凝縮源の場合、ノズルは、EUV光線を発生させるのに十分に大きい液滴を提供し得るように著しく大きくなければならなかった。この大きい寸法のため、ノズルは、小さい寸法ならば、集められるであろうEUV光線の一部分を実際に不鮮明にしていた。

【0016】本発明において、より小さい拡張部分74を通して液滴72の所望の質量を実現することができる。このより小さいノズルは、EUV光線を不鮮明にすることが少ない。更に、レーザービーム78は、ノズル64の端部68から更に遠方に動かすことができ、これにより、ノズル64の腐食及び加熱を少なくすることができる。

【0017】上述した説明は、本発明の単一例としての実施の形態を開示しかつ記述したものである。当該技術分野の術当業者は、特許請求の範囲に記載された本発明の精神及び範囲から逸脱せずに、上記の説明、添付図面及び特許請求の範囲から色々な変更、改変例及び変形例を具体化することが可能であることが容易に認識されよう。

【図面の簡単な説明】

【図1】既知のレーザープラズマ、ガス凝縮、極紫外光源の平面図である。

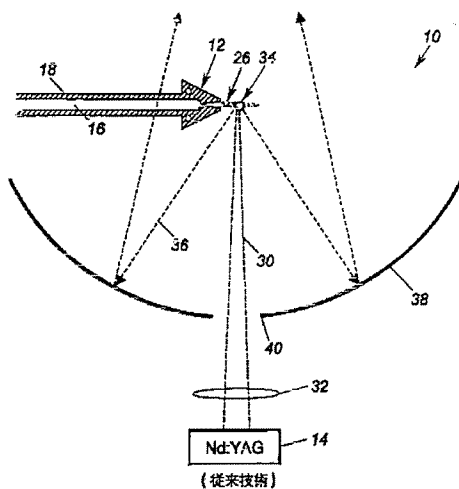
【図2】図1に図示した光源のノズルの拡大図である。

【図3】本発明の1つの実施の形態による、ノズルを通して噴射される液体を含む、レーザープラズマ、極紫外光源の平面図である。

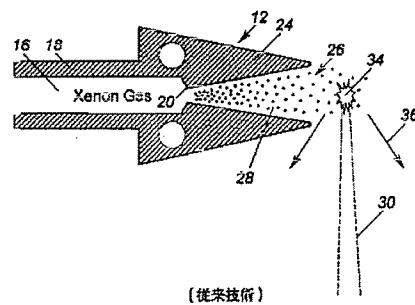
【符号の説明】

10	EUV光源	12	ノズル
14	レーザービーム源	16	ガス
18	ネック部分	20	狭隘な喉状部分
24	拡張部分	26	ジェットスプレー
28	クラスター、液滴	30	レーザービーム
32	合焦光学素子	34	プラズマ
36	EUV光線	38	コレクタ光学素子
40	開口部	50	レーザープラズマEUV光源
52	供給源	54	プラズマ標的
58	液体	60	熱交換器
62	ネック部分	64	ノズル
66	喉状部分	68	出口端
70	スプレー	72	液滴
74	拡張部分	78	レーザービーム
80	プラズマ	82	EUV光線

【図1】

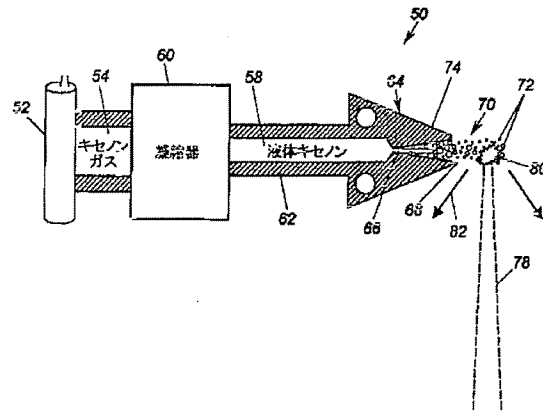


【図2】



(従来技術)

【図3】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>  
H05H 1/24

識別記号

F I  
H01L 21/30

(参考)

515A  
531S

(72)発明者 マイケル・ビー・ベタッチ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州90277,  
リダンド・ビーチ, サウス・イレーナ  
1209

(72)発明者 ロック・エイ・オーシニ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州90803,  
ロング・ビーチ, イースト・シックスス  
ストリート 6199

Fターム(参考) 2H097 CA01 CA15 GB00 LA10  
5F046 CA03 CA07 GC03